

ARTÍCULOS

Resiliencia posincendio del género *Quercus*

Post-fire resilience of the genus Quercus

Rosario Aquino-López

ORCID: 0000-0001-5911-9880, rousaquino94@gmail.com

Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Tecnológico Nacional de México (TECNM)

Gisela M. Santiago-Martínez

ORCID: 0000-0002-0064-7010, gisela.sm@voaxaca.tecnm.mx

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Tecnológico Nacional de México (TECNM)

Ernesto Castañeda-Hidalgo

ORCID: 0000-0001-9296-1439, casta_h50@hotmail.com

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Tecnológico Nacional de México (TECNM)

Salvador Lozano-Trejo

ORCID: 0000-0001-6809-948X, salvador.lt@voaxaca.tecnm.mx

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Tecnológico Nacional de México (TECNM)

Gerardo Rodríguez-Ortiz

ORCID: 0000-0003-0963-8046, gerardo.rodriguez@voaxaca.tecnm.mx

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Tecnológico Nacional de México (TECNM)

Recepción: 30/06/23. Aceptación: 03/11/23. Publicación: 12/04/24

RESUMEN

El régimen de los incendios forestales cambia por diversos factores, principalmente el grado de severidad que determina la respuesta de regeneración del género *Quercus*. Esta investigación se realizó en 2022 con el objetivo de analizar los factores que determinan el efecto del fuego en la regeneración de encinos. El potencial de regeneración es favorable para un nivel de baja y alta severidad, donde se presenta un promedio de 869 rebrotes/ha y poca reincorporación de plántulas por semilla. La habilidad del género *Quercus* para emitir rebrotes es la mejor adaptabilidad que tiene para regenerarse bajo los escenarios producidos por el fuego y se mejora si se conjunta con actividades silvícolas que coadyuven con su crecimiento, desarrollo y persistencia de la especie en el futuro.

PALABRAS CLAVE

actividades silvícolas, encinos, fuego, rebrotes

ABSTRACT

The regime of forest fires changes due to various factors, mainly the degree of severity that determines the regeneration response of the genus *Quercus*. This research was carried out in 2022 with the objective of analyzing the factors that determine the effect of fire on the regeneration of oaks. The regeneration potential is favorable for a level of low and high severity where there is an average of 869 regrowths/ha and little reincorporation of seedlings per seed. The ability of the genus *Quercus* to emit shoots is the best adaptability that it has to regenerate under the scenarios produced by fire and it is improved if they are combined with silvicultural activities that contribute to the growth, development and persistence of the species in the future.

KEYWORDS

silvicultural activities, factors, fire, gender, regrowth

Introducción

Los bosques del género *Quercus* componen la vegetación más significativa de las montañas de clima templado en México. Se cuenta entre 135 y 161 especies del género, 106 han sido catalogadas como endémicas, y se distribuyen en un rango de 1,200 y 2,800 msnm (Clark-Tapia et al., 2018). Sin embargo, se encuentran en deterioro por los incendios que han afectado la estructura y composición de los estratos vegetales (Alanís-Rodríguez et al., 2010).

Actualmente se registra un incremento de incendios a nivel nacional (Promis et al., 2019), principal factor de degradación de los ecosistemas y de reducción de los servicios ecosistémicos (Flores Garnica, 2021; Rosales-Rodríguez et al., 2018). Para Brown (2013), un incendio es la composición espacio-temporal de los eventos particulares del fuego en función de sus características temporales, de espacio e intensidad, y los controles bióticos y abióticos, y pueden ser naturales o antropogénicos (Jardel Peláez et al., 2014).

Los incendios no son similares y varían por diversos factores, como el nivel de severidad, que determina la respuesta que tendrán las estructuras vegetativas ante el fuego, así como su regeneración natural (Flores Rodríguez et al., 2021). En la relación del fuego con los encinos se recalcan dos escenarios diferentes: el efecto directo del fuego en la regeneración y el efecto indirecto a través de la transformación de condiciones ambientales bióticas y abióticas favorables que influyen en la presencia o ausencia de encinos (Zavala Chávez, 2000).

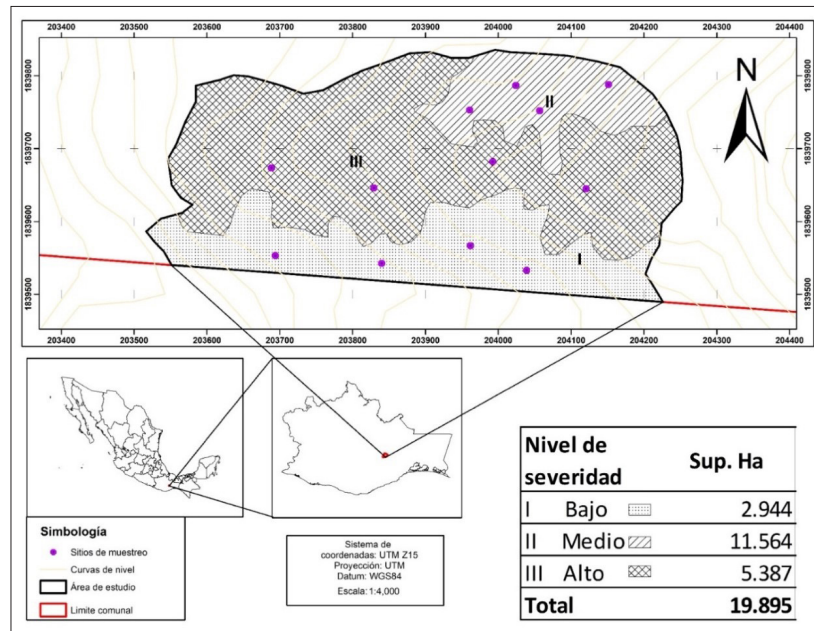
La intensidad y la severidad de los incendios sobre los encinos pueden determinar el tipo: superficiales y de copa (López-Moctezuma et al., 2015); pero algunas especies del género *Quercus* se relacionan con adaptaciones al fuego, ya que muestran mecanismos de sobrevivencia a través de su capacidad de presentar rebrotes en la base del tronco, después del siniestro de las partes aéreas (Zavala Chávez, 2000). De acuerdo con lo anterior y con la importancia de los incendios en la dinámica de los ecosistemas de México, a diferencia de los estudios en coníferas, son pocos los trabajos relativos al género *Quercus* posincendio en el estado de Oaxaca.

El interés por este conocimiento se ha incrementado entre las personas que encuentran sus medios de vida en el manejo forestal comunitario, por lo que es importante evaluar la regeneración natural y contribuir al conocimiento sobre la presencia de encinos resultantes posincendio, ya que éste es el punto de partida para la justificación de decisiones dentro de las actividades de restauración posteriores. El objetivo del trabajo es presentar una discusión sobre la influencia del fuego en la presencia de encinos.

Metodología

El estudio se realizó en un rodal incendiado de pino-encino de la comunidad de Agua Blanca, Nejapa de Madero, San Carlos Yautepec, Oaxaca. Agua Blanca posee una superficie total de 9,325 ha y alberga un bosque templado con diferentes estructuras vegetales, pino-encino

Figura 1
Localización del área de estudio y sitios de muestreo en los niveles de severidad de incendio en Agua Blanca



Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2018, y Servicios Técnicos Forestales [STF]. 2020.

y encino-pino. Se ubica a una altitud media de 2,160 m, en las coordenadas geográficas 16° 39' 25" N y -95° 44' 28" O (figura 1). El clima es C(w2), catalogado como templado subhúmedo, con una temperatura promedio de 12 a 18 °C, lluvias en verano en un rango de 200-1,800 mm al año (Servicios Técnicos Forestales [STF], 2020).

En 2022 se realizaron recorridos de campo para la clasificación de los niveles de severidad de incendios (NSI) (I bajo, II medio y III alto) ocurridos en 2020 en 19.89 ha. Para generar los datos se establecieron doce sitios circulares de 400 m² con la metodología de Chávez-Pascual et al. (2017).

Se distribuyeron cuatro sitios de manera dirigida por cada área con distinto NSI. Asimismo, se consideró el nivel de combustión de los materiales orgánicos de la superficie del suelo. Por cada sitio se tomaron datos dasométricos de la regeneración natural de *Quercus* spp., específicamente de rebrotes. Se midió el diámetro de base (DB, mm) con un vernier digital (CODYTAVAREZ® 0.2 mm), altura total (A, cm) con una cinta métrica (Truper® TP50ME). Para las variables cualitativas se consideraron las condiciones topográficas (pendiente, exposición y altitud) utilizando un GPS (*global positioning system*) (Garmin GPSMAP 64SX).

Tabla 1
Efecto de la severidad de incendio sobre la regeneración de *Quercus* spp.

Variable	Nivel de severidad de incendio		
	Bajo	Medio	Alto
Diámetro (DB; mm)	7.50±1.01 a	7.60±0.76 a	8.00±0.90 a
Altura (A; cm)	56.25±4.73 a	35.00±3.65 b	41.25±3.35 b
Rebrotos (rebrotos/ha)	937±161.53 a	400±96.36 b	800±46.77 a

Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Duncan 0,05).

La media incluye ± error estándar.

Para el análisis de la información se generó una base de datos con las variables dasométricas de la regeneración de *Quercus* spp. El análisis se realizó con el programa Statistical Analysis System 9.4. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Shapiro-Wilk y Bartlett, $\alpha=0,05$), y se diferenciaron los niveles de severidad de incendio mediante el modelo lineal generalizado (PROC GLM) y prueba de medias (Duncan, 0,05).

Resultados y discusión

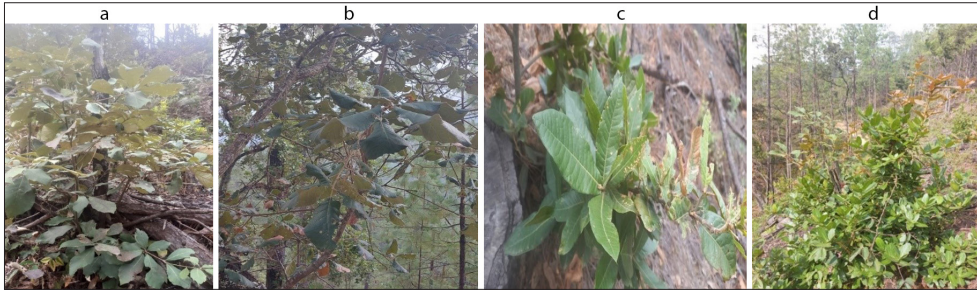
En respuesta a los efectos de severidad de incendio, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la variable A y densidad de rebrotos/ha. No se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la variable DB (CV 44.42%), debido a la heterogeneidad del incendio que generó inflación de varianzas (tabla 1).

El NSI bajo mostró el valor más alto en la densidad de rebrotos (937 rebrotos/ha) y presentó los rebrotos con más altura (56.25 cm), el cual fue estadísticamente distinto del NSI medio (400 rebrotos/ha y alturas de 35 cm) (tabla 1). En el NSI alto, los rebrotos presentaron los mayores DB (8 mm) respecto a los rebrotos de los NSI medio y alto.

Los rebrotos de encino ubicados en sitios con NSI bajo y alto en exposición E y SE presentaron la mayor densidad, en comparación con los ubicados en las áreas de NSI medio en exposición N a mayor altitud (1,944 m). Esto puede atribuirse a que las exposiciones E y SE son más áridas por la mayor presencia de luz que las exposiciones N, lo que favorece el crecimiento de rebrotos (Flores-Rodríguez et al., 2022). Sin embargo, se debe considerar que la exposición establece la cantidad de radiación solar a lo largo del año, por lo que la menor densidad de rebrotos en la exposición N y NSI puede deberse a que las especies no se asocian a condiciones relativamente húmedas, sino a condiciones más secas.

Leverkus et al. (2014) reportan valores promedio de 447 rebrotos/ha de *Quercus* spp. en una parcela de 18 ha posincendio, similares a los de este estudio en el NSI medio. En esta investigación se expone que la severidad de incendio influye sobre la densidad de la regeneración por

Figura 2
Especies presentes del género *Quercus* después de un incendio



Especies de *Quercus* tres años después de un incendio en Agua Blanca:

Q. scytophylla (a), *Q. crasifolia* (b), *Quercus* spp. (c), *Q. elliptica* (d).

Foto: Rosario Aquino-López.

rebrote del género *Quercus*. En los resultados se reportan densidades de 937, 400 y 800 rebrotes en promedio/ha, para los NSI bajo, medio y alto.

Las áreas con NSI alto tienen una considerable densidad de regeneración por rebrotes, lo cual puede deberse a la mayor cantidad de nutrientes devueltos al suelo por la quema de la cubierta vegetal; aunado a esto, el fuego abrió gran parte del dosel, permitiendo mayor entrada de luz y favoreciendo el crecimiento de los encinos intolerantes a la sombra. En el caso de las zonas con NSI bajo con el mayor número de rebrotes, puede deberse a que la frecuencia inicial y dominancia del género *Quercus* sobre *Pinus* se mantuvo sin cambios y por haber presentado un incendio superficial sin gran afectación. Esto favoreció la latencia de las yemas ubicadas por debajo de la corteza gruesa de los tallos, lo que promovió la capacidad de rebrote de la mayoría de los individuos. Las especies de encinos identificadas en el rodal incendiado y con rebrotes fueron *Quercus scytophylla* (a), *Q. crasifolia* (b), *Quercus* sp. (c) y *Q. elliptica* (d) (figura 2):

- *Q. scytophylla* es un árbol de 8 a 15 m de altura, con frutos anuales en conjuntos de dos elementos, presente en los bosques de *Quercus-Pinus*, a una altitud de 900-2,600 m. Es una especie endémica del noreste, occidente, centro, sur y sureste de México.
- *Q. crasifolia* es un árbol de 4 a 10 m de altura, con frutos anuales o bianuales, solitarios o en pares, presente en los bosques de *Quercus* y *Pinus juniperus*, a una altitud de 1,300-2,900 m. Se distribuye en el occidente, centro, sur y sureste de México, y en Centroamérica.
- *Q. elliptica* es un árbol de 8 a 15 m de altura, con frutos anuales, solitarios o en grupos de dos o tres, habita en bosques de *Pinus-Quercus* y en los de galería, a una altitud de 470-2,400 m. Se distribuye en occidente, centro, sur y sureste de México, y Centroamérica.

Figura 3
Rebrote de *Q. elliptica* en el tallo del árbol



Rebrote presente en *Q. elliptica* en tallos donde no hubo una mortandad total de la parte aérea.

Foto: Rosario Aquino-López.

La capacidad de rebrotación de estas especies muestra su adaptación ante el fuego al presentar rebrotes; además, cuentan con una bellota pequeña y follaje caducifolio, que pueden considerarse como indicadores de adaptación al fuego (Rodríguez-Trejo y Myers, 2010).

Resultados semejantes fueron encontrados por Juárez Bravo et al. (2012) en *Q. crassifolia*, que tiene una estrecha asociación entre la posibilidad de rebrotación, altura y diámetro. También encontraron una alta probabilidad de mortalidad de la parte aérea de los encinos, pero una disminución en los árboles completos que presentaron rebrotes.

El follaje denso también protege los rebrotes del fuego superficial, inclusive el de copa; los troncos y ramas gruesas también influyen para una mejor protección a las yemas y exhiben más rebrotes que los troncos y ramas delgadas (Juárez Bravo et al., 2012), por lo que los árboles adultos están menos expuestos al daño por fuego debido a la altura del dosel y la corteza más gruesa.

Estas especies identificadas en el área de estudio presentan diversas adaptaciones ante diferentes NSI, como el rebrote presente en tallos de árboles donde no hubo una mortandad total de la parte aérea, específicamente en *Q. elliptica* (figura 3). En esta situación, como respuesta al perjuicio de la parte aérea, recuperarán su follaje si el NSI es bajo; si el daño es severo y consume la parte aérea, las yemas sobreviven en la base del tronco o copa, que permiten la sobrevivencia del individuo (Gómez-Mendoza y Rodríguez-Trejo, 2021).

En México se tienen registradas 42 especies de encinos, arbóreos y arbustivos, que han presentado rebrote después de un incendio, entre ellos, las especies encontradas en esta investigación. Se estima que la gran mayoría de las especies nacionales presentan rebrotación, principalmente a través de yemas ubicadas en el cuello de la raíz (Rodríguez Trejo, 2014).

Para Zavala Chávez (2000), la regeneración por rebrotes no logra una continuidad posincendio, ya que después del fuego se presentan condiciones de menor humedad y con el tiempo se recuperan las condiciones preincendio; al madurar el bosque de pino y cerrarse el dosel por otras especies, el encino presenta problemas en la incorporación, lo que disminuye la densidad que se tenía inicialmente.

Se ha documentado que los incendios tienen una relación directa entre el fuego y la presencia de encinos en las diferentes regiones del estado. Esto se justifica por la capacidad de rebrotamiento de la mayor parte del género *Quercus* y por la recuperación del follaje, que puede relacionarse con la absorción de los nutrientes (N, K, P, Ca, Mg y Na) liberados por el incendio (Peña-Ramírez y Bonfil, 2003).

Asimismo, se deben tomar en cuenta los cambios edáficos posincendio. Al iniciar la erosión del suelo, las raíces quedan expuestas a la deficiencia de nutrientes y humedad, lo que puede provocar la muerte de raíces. El problema surge cuando el NSI rebasa las adaptaciones de los ecosistemas y resultan destructores, debido a que alteran la generación de servicios ecosistémicos (Gutiérrez Martínez et al., 2013).

El efecto más importante observado en esta investigación fue la presencia de encinos por rebrotes, a consecuencia de la supervivencia de tallos de los árboles adultos. Esto concede al género *Quercus* la característica de adaptación al fuego, pero su capacidad de rebrote lo hace resistente a éste. Asimismo, se observó una deficiente reincorporación de encinos por semilla, debido posiblemente a la relación fuego-regeneración que se determina a través de diferentes procesos naturales, como la disponibilidad de semillas, el alcance de dispersión de las semillas, la competencia interespecífica, clima y topografía (Flores-Rodríguez et al., 2022). Debido a la temperatura de los incendios de severidad alta, las bellotas sobre el suelo son calcinadas o pierden su viabilidad, además de la depredación, que es un factor de mortalidad de más del 75% de las semillas. La regeneración por ausencia de semillas no se da (Martínez-Garza et al., 2022).

La supervivencia de los encinos por semilla y por rebrote, en áreas con apertura de gran parte del dosel y después de un fuego severo, puede mantener el vigor y avance de un rápido crecimiento; contrario al caso de una elevada cobertura restante de pinos posincendio, dichas encinas tendrán pocas posibilidades de crecer por el efecto de la sombra (Deb y Sundriyal, 2013). Sin embargo, se debe considerar la posibilidad de que la regeneración por rebrote nada tenga que ver con el NSI, sino con características del hábitat que pueden influir de diversas maneras en la dinámica de la vegetación, como la humedad, temperatura y

apertura del dosel, ya que la riqueza de especies de encino requiere condiciones de hábitat particulares que afectan su capacidad de colonización y persistencia (Zavala Chávez, 2000).

Por lo tanto, para recobrar la vegetación después de un incendio forestal, se dependerá de la respuesta del ecosistema al fuego y de su capacidad de restauración pasiva, que se basa en la regeneración natural, la cual puede verse afectada por el manejo posincendio, como la saca de madera quemada, que afecta factores del hábitat y que repercute en el crecimiento de las nuevas plantas (Leverkus, 2016). Por ello, no es recomendable la saca de la madera quemada, sino el manejo de residuos dentro del rodal incendiado, para generar las condiciones ecológicas para la reincorporación de la nueva masa de encino-pino.

Para una adecuada estimación de la regeneración es necesario considerar el tiempo, ya que la recuperación del género *Quercus* depende del tiempo que ha pasado desde el incendio (Bartels et al., 2016) y de otros elementos abióticos, como la variación espacial del régimen lumínico y las características edafológicas.

Estas evaluaciones permiten tomar decisiones para la reforestación, no necesaria para el caso, al haber una densidad adecuada de regeneración, lo que aminora las probabilidades de uso de plantas de vivero, que no son de calidad y tienen un alto costo y bajos porcentajes de sobrevivencia en campo.

En el contexto de comunidades forestales que dependen del bosque, especialmente de la leña de encino, la falta de reclutamiento de nuevos individuos posincendio cobra una relevancia adicional. De seguir con el aprovechamiento irregular de los árboles adultos, el bosque de encino-pino podría cambiar a pinar, al favorecerse el desarrollo de *Pinus* pero no de *Quercus*. Por ello, es recomendable monitorear la frecuencia, supervivencia y adecuada densidad de encinos y pinos, ya que incluso la regeneración de pinos puede afectarse por las condiciones posincendio y contribuir al deterioro. Finalmente, se recomienda en futuras evaluaciones considerar otros factores ambientales de la regeneración por rebrote, como elevación, pendiente, clima, crecimiento y supervivencia de rebrotes, sanidad de los árboles sobrevivientes, vigor, disponibilidad de semillas y depredadores.

Conclusiones

En nuestro estudio de caso, la capacidad de rebrote del encino posincendio favoreció la recuperación de la vegetación.

Árboles productores de bellotas del género *Quercus* en las cercanías del rodal pueden favorecer el reclutamiento paulatino de encinas en el área quemada en los siguientes años de sucesión a través de fauna dispersora. En caso de una elevada densidad de encinos a largo plazo, ya sea por rebrote o bellotas y vegetación asociada, los encinos pueden desarrollar un lento crecimiento, pero el rodal conferirá mejor resiliencia al bosque frente a otra perturbación.

Es recomendable que, como parte de la gestión de un bosque posincendio, se realice una evaluación de la regeneración natural que permita detectar la necesidad de una posible reforestación asistida, que asegure el éxito de la regeneración, restauración y perpetuidad del bosque y permita el bienestar de las comunidades forestales para las que el bosque es parte de su medio de vida.

Referencias

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez J., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J. y Canizales-Velázquez, P. A. (2010). Análisis de la diversidad arbórea en áreas restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México. *Acta Biológica Colombiana*, 15(2), 309-324. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027885021.pdf>
- Bartels, S. F., Chen H. Y. H., Wulder, M. A. y White, J. C. (2016). Trends in post-disturbance recovery rates of Canada's forests following wildfire and harvest. *Forest Ecology and Management*, 361, 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.015>
- Brown, P. M. (2013). Dendrochronology: fire regimes. En: W. Rink y J. Thompson (eds.). *Encyclopedia of Scientific Dating Methods* (pp. 1-5). Springer. https://doi:10.1007/978-94-007-6326-5_76-4
- Chávez-Pascual, E. Y., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco, V. A. y Gómez-Cárdenas, M. (2017). Compartimentos de biomasa aérea en rodales de *Pinus oaxacana* bajo tratamientos silvícolas. *Madera y Bosques*, 23(3), 147-161. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331627>
- Clark-Tapia, R., Mendoza Ochoa, A., Aguirre-Hidalgo, V., Antúnez, P., Campos Contreras, J. E., Valencia-Ávalos, S., Luna-Krauletz, M. D. y Alfonso-Corrado, C. (2018). Reproducción sexual de *Quercus macdougalii*, un encino endémico de la Sierra Juárez, de Oaxaca. *Madera y Bosques*, 24(2), 1-12. <https://doi:10.21829/myb.2018.2421617>
- Deb, P. y Sundriyal, R. C. (2013). Seed germination in lowland tropical rainforest trees: interspecies, canopy and fruit type variations. *Research Journal of Forestry*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.3923/rjf.2013.1.15>
- Flores Garnica, J. G. (2021). Antecedentes y perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1, 91-117. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.981>
- Flores-Rodríguez, A. G., Flores-Garnica, J. G., González-Eguiarte, D. R., Gallegos-Rodríguez, A., Zarazúa Villaseñor, P., Mena-Munguía, S., Lomelí-Zavala, M. E. y Cadena-Zamudio, D. A. (2022). Variables ambientales que determinan la regeneración natural de pinos en ecosistemas alterados por incendios. *Ecología Aplicada*, 21(1), 1-9. <https://doi.org/10.21704/rea.v21i1.1872>

- Flores Rodríguez, A. G., Flores Garnica, J. G., González Eguiarte, D. R., Gallegos Rodríguez, A., Zarazúa Villaseñor, P., Mena Munguía, S., Lomelí Zavala, M. E. y Ruiz Guzmán, E. (2021). Regeneración natural de pino y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(65), 1-23. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.776>
- Gómez-Mendoza, F. F. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2021). Fuego, mortalidad y rebrotación en especies forestales de la Sierra Norte de Puebla. *Madera y Bosques*, 27(3), 1-15. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732148>
- Gutiérrez Martínez, G., Orozco Hernández, M. E., Ordóñez Díaz, A. B. y Camacho Sanabria, J. M. (2013). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 92-107. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i29.219>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018). *México en cifras*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#collapse-Resumen>
- Jardel Peláez, E. J., Pérez Salicrup, D., Alvarado, E. y Morfín Ríos, J. E. (2014). *Principios y criterios para el manejo de fuegos en ecosistemas forestales: guía de campo*. CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=727>
- Juárez Bravo, J. E., Rodríguez-Trejo, D. A. y Myers, R. L. (2012). Fire tolerance of three species in pine-oak forests of Chignahuapan, Puebla, México. *International Journal of Wildland Fire*, 21(7), 873-881. <https://doi.org/10.1071/WF1134>
- Leverkus, A. B. (2016). Regeneración post-incendio de la encina mediante procesos naturales y asistidos y valoración económica de los servicios ecosistémicos. *Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 25(3), 121-127. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-3.15>
- Leverkus, A. B., Castro, J. y Rey, B. J. M. (2014). Regeneración post-incendio de la encina en pinares de repoblación mediterráneos. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 23(2), 48-54. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/844>
- López Moctezuma, M. A., Rodríguez Trejo, D. A., Santiago Cortés, F., Sereno Chávez, V. A. y Granados Sánchez, D. (2015). Tolerancia al fuego en *Quercus magnoliifolia*. *Revista Árvore*, 39(3), 523-533. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300013>
- Martínez-Garza, C., Juan-Baeza, I., León-Carvajal, K., Hernández-Hernández, M. (2022). La regeneración del bosque después de un incendio. *Inventio*, 18(44), 1-11. <https://doi.org/10.30973/inventio/2022.18.44/9>
- Peña-Ramírez, V. M. y Bonfil, C. (2003). Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus Liebmanii* Oerst. y *Quercus Magnoliifolia* Née) en la región de la montaña (Guerrero), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (72), 5-20. <https://www.redalyc.org/pdf/577/57707201.pdf>

- Promis, A., Olivares, S., Acuña, S. y Cruz, G. (2019). Respuesta temprana de la regeneración de plantas leñosas después del incendio forestal denominado "Las Máquinas" en la Región del Maule, Chile. *Gayana Botánica*, 76(2), 257-262. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432019000200257>
- Rodríguez Trejo, D. A. (2014). *Incendios de vegetación. Su ecología, manejo e historia*, vol. I, Colegio de Postgraduados/UACH/SEMARNAT/Programa de Prevención y Combate de Incendios Forestales-Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-CONAFOR/CONAMP/ANCF-AMPF/BBA.
- Rodríguez-Trejo, D. A. y Myers, R. L. (2010). Using oak characteristics to guide fire regime restoration in Mexican pine-oak and oak forests. *Ecological Restoration*, 28(3), 304-323. <http://www.jstor.org/stable/43443263>
- Rosales-Rodríguez, J. A., Esquivel-Segura, E. A., Acevedo-Tapia, M. A., González-Ortega, M. y Cartes-Rodríguez, E. (2018). Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(38), 55-68. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3997>
- Servicios Técnicos Forestales (2020). *Programa de manejo nivel avanzado*. Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca.
- Zavala Chávez, F. (2000). El fuego y la presencia de encinos. *Ciencia Ergo Sum*, 7(3), 269-276. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10401909.pdf>